

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-332971

(43)Date of publication of application : 18.12.1998

(51)Int. Cl. G02B 6/13
G02B 1/12
G02B 6/126

(21)Application number : 09-146161 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

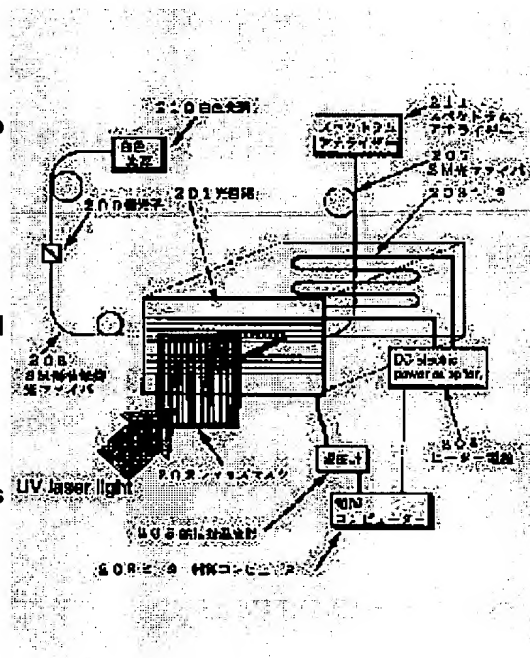
(22)Date of filing : 04.06.1997 (72)Inventor : ABE ATSUSHI
HATTORI KUNINORI
OMORI YASUJI
KITAGAWA TAKESHI
HIMENO AKIRA
TAKAHASHI HIROSHI
TANAKA TAKUYA

(54) MANUFACTURE OF OPTICAL CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily adjust and control the refractive index of an optical waveguide by optically induced refractive index variation and to provide the manufacture of the optical circuit which has sufficient temperature stability.

SOLUTION: In this manufacture of the optical circuit 201 having an optical waveguide consisting of a core part which is formed principally of a quartz-based raw material on a plane substrate and propagates light and a clad part which is formed around the core part and has a lower refractive index than the core part, the optical circuit 201 is held as 200 to 500° C and part or the whole of the optical waveguide of the optical circuit 201 is irradiated with light in the visible or ultraviolet-ray range to vary the refractive index of the optical waveguide.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 26.02.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-05340

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection] 28.03.2002

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-332971

(43) 公開日 平成10年(1998)12月18日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I	
G02B 6/13		G02B 6/12	M
1/12		1/12	
6/126		6/12	E

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平9-146161

(22) 出願日 平成9年(1997)6月4日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 阿部 淳

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 服部 邦典

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 大森 保治

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 秋田 収喜

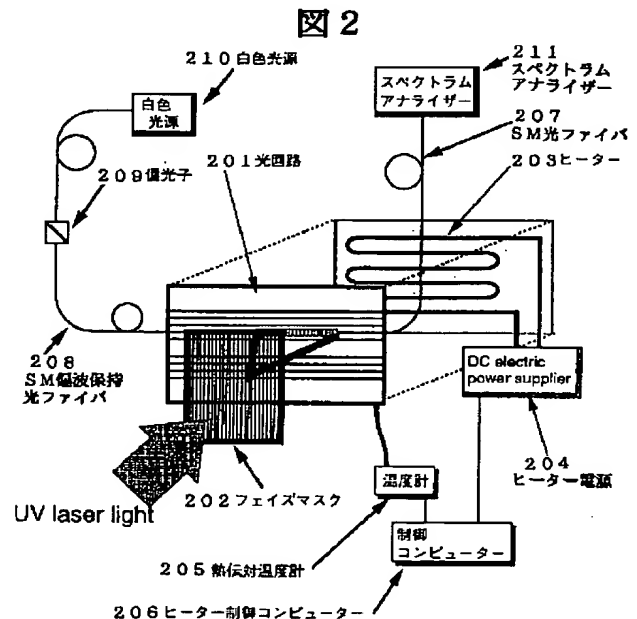
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光回路の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光誘起屈折率変化により光導波路の屈折率を簡易に調整・制御し、且つ十分な温度安定性を有する光回路の製造方法を提供する。

【解決手段】 平面基板上に、石英系を主たる素材として形成される、光が伝播するコア部と、当該コア部の周囲に形成される、当該コア部より屈折率の低いクラッド部とからなる光導波路を有する光回路(201)の製造方法において、前記光回路を温度200℃以上500℃以下に保持し、前記光回路の光導波路の一部あるいは全部に、可視あるいは紫外領域の光を照射して、前記光導波路の屈折率を変化させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平面基板上に、石英系を主たる素材として形成される、光が伝播するコア部と、当該コア部の周囲に形成される、当該コア部より屈折率の低いクラッド部とからなる光導波路を有する光回路の製造方法において、

前記光回路を温度 2 0 0℃以上 5 0 0℃以下に保持し、前記光回路の光導波路の一部あるいは全部に、可視あるいは紫外領域の光を照射して、前記光導波路の屈折率を変化させることを特徴とする光回路の製造方法。

【請求項 2】 紫外領域の光に敏感なドーパントを、前記光導波路に添加することを特徴とする請求項 1 に記載された光回路の製造方法。

【請求項 3】 紫外領域の光に敏感なドーパントとして、 GeO_2 を用いることを特徴とする請求項 2 に記載された光回路の製造方法。

【請求項 4】 前記光回路は、光導波路で構成されるアレー光導波路格子を含むことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載された光回路の製造方法。

【請求項 5】 前記光回路は、光導波路で構成される光誘起グレーティングを含むことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載された光回路の製造方法。

【請求項 6】 前記光導波路の TE 偏波方向の屈折率と、TM 偏波方向の屈折率との差を利用し、前記光導波路の複屈折を調整することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載された光回路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光回路の製造方法に係わり、特に、光通信、光情報処理、光計測分野に於いて有用な、平面基板上に光導波路を配置した光回路に適用して有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】石英系光導波路は、損失が低く、また安定性、信頼性の点に関し、優れた物理的・化学的特質を有し、更に、光通信の伝送路である石英系ファイバとほぼ同一の屈折率を有するためファイバとの整合性が良いなどの特徴を持っている。

【0003】この石英系光導波路は、多くの場合、シリコン (Si) 基板上に、下部クラッド膜層堆積→コア膜層堆積及びコア部分パターン化加工→上部クラッド層堆積の製造工程により製造されている。

【0004】この石英系光導波路を用い、光パワースプリッター、波長合分波器、フィルター、スイッチなど実用的に有望な様々な光回路に関する研究開発が行われている。

【0005】また、この石英系光導波路において、可

視、或いは紫外、及び各種波長の高強度レーザー光の照射により誘起される局所的屈折率変化は、光回路に、光誘起グレーティングのような新機能を付加したり、光回路の特性の微調整・補償を行う手段として有望なものとなっている。

【0006】例えば、光誘起グレーティングは、光導波路中に周期的な屈折率分布を光照射により誘起するもので、反射波長フィルターや、分散補償機能を有する光回路を作製することができる。光誘起グレーティングの作製には、下記文献 (イ) に記載されているように、先ず、通常通りに作製した光導波路上に、フェイズマスク、或いは干渉露光光学系などを用いて、光導波路上に周期的光強度分布を形成する。

(イ) 井上 亨、「ファイバグレーティング」、レーザー研究第 2 3 巻第 1 0 号、p p 8 8 0 - 8 8 9、1 9 9 5

光導波路中の屈折率変化は、照射される光強度が強いほど大きな屈折率変化が誘起されるので、この周期的光強度分布を反映して、周期的屈折率分布を誘起することができる。

【0007】この光誘起グレーティングは、反応性イオンエッチング (RIE) などを用いて作製されるレリーフ型グレーティングに比べ、光導波路作製工程の後に屈折率変調分布を形成する為、光導波路作製工程を煩雑にすることなく簡易に作製することができる上、屈折率変調型グレーティングであることから、比較的容易に高反射率なものの作製が可能である。

【0008】しかしながら、光導波路上に作製される光誘起グレーティングは、その光誘起屈折率変化が、実用的な部品として、十分な熱的安定性を有せず、熱的緩和により、反射率の低下、中心波長の変位などが生じるため、その適用範囲に制限があるという問題点を有していた。

【0009】一方、マッハ・ツェンダー干渉計 (MZI) やアレー光導波路格子 (AWG) など、光の位相に敏感な干渉を利用した光回路素子では、光の位相が光路長に依るため、光回路作製上生じる微小な屈折率変動、光導波路形状の変動、及び光導波路に加わる歪み (応力) などが、透過・阻止波長域、消光比などの光回路素子特性に大きな影響を与える。

【0010】特に、シリコン (Si) 基板上の光回路の場合には、クラッド及びコアのガラス層と、基板との熱膨張係数の差により歪み (応力) が光導波路にかかる結果、複屈折 (B)、即ち、TM 偏波方向でのコアの屈折率 (n_{TM}) と TE 偏波方向でのコアの屈折率 (n_{TE}) の差 ($B = n_{TM} - n_{TE}$) が生じる。

【0011】マッハ・ツェンダー干渉計 (MZI) やアレー光導波路格子 (AWG) などの光回路素子においては、この複屈折 (B) が光の偏波に依存した波長の透過域 (もしくは、阻止域) の差を生じせしめ、結果的に、

10

20

30

40

50

偏波依存性損失 (PDL) の要因となっている。光通信分野などにおいては、これら光回路の偏波依存性を極力小さくすること (偏波インセンシティブ化) が望まれている。

【 0 0 1 2 】即ち、光回路の透過・阻止域、消光比など光学素子特性の調整・制御することを可能とし、光回路の高性能化、製造歩留まりの向上を図ることを可能とする、光導波路作製後に光導波路の屈折率を局所的に、且つ簡易に変化させ、光路長を補正する技術が望まれている。

【 0 0 1 3 】これまで、シリコン (Si) 基板上光回路の、複屈折 (B) を局所的に変化させる方法としては、例えば、下記文献 (ロ) に記載されているように、非晶質シリコン (a - Si) などの応力付与膜を光導波路近傍に適当な形状にパターン化加工を行ったり光導波路近傍に溝を作製したりすることにより、光導波路にかかる歪みを調整する方法が示されている。

(ロ) M. KAWACHI, " Silica waveguides on silicon and their application to integrated-optic components, J. Opt. Quantum. Electron., 22, pp. 391-416, (1990) しかしながら、これらの方法は、光回路作製の工程数が増し、且つ煩雑になるという問題を有していた。

【 0 0 1 4 】また、別の方法として、下記文献 (ハ) に記載されているように、紫外或いは可視光を光導波路に照射することによって生じる、光誘起屈折率変化を利用する方法が示されている。

(ハ) M. ABE, et al., " Photoinduced Birefringence Control in Arrayed-waveguide Grating Multi/Demultiplexer. ", Tech. Dig. MOC/GRIN' 93, pp66-68, (1993). この方法は、光回路作製工程を煩雑にすることなく、簡易に、光導波路の複屈折制御を可能としており、有望な方法である。

【 0 0 1 5 】

【発明が解決しようとする課題】前記説明したように、光誘起屈折率変化は、局所的な光導波路屈折率の簡易な調整・制御を可能とし、光回路に光誘起グレーティングの作製を行ったり、光路長を変化させ、光回路の特性を調整することを可能とする有望な手段であるが、平面基板上の石英系光導波路に於ける光誘起屈折率変化は、熱的安定性が不十分であるという問題を有していた。

【 0 0 1 6 】この光誘起屈折率変化の温度安定性を改善する手段としては、下記文献 (ニ) に記載されているように、光照射を行った後に、「事前熱処理」を行うことにより、見かけ上、温度安定性を向上させることが可能であることが示されている。

(ニ) T. Erdogan, V. Mizrahi, et al., " Decay of ultraviolet-induced fiber Bragg gratings ", J. Appl. Phys., vol. 76, pp73-80 (1994). しかしながら、この「事前熱処理」を行う方法では、光照射を行って誘起する屈折率変化量にあらかじめ、この「事前熱処理」により緩和する

屈折率変化量を組み込んで変化させなければならず、屈折率や複屈折を微調整するためには、その制御性が悪く、且つ光回路作製工程数や作製時間を増加させるという問題を有していた。

【 0 0 1 7 】本発明は、前記従来技術の問題点を解消するために成されたものであり、本発明の目的は、光回路の製造方法において、光誘起屈折率変化により光導波路の屈折率を簡易に調整・制御し、且つ温度安定性を向上させることが可能となる技術を提供することにある。

10 【 0 0 1 8 】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【 0 0 1 9 】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【 0 0 2 0 】光導波路を有する光回路の製造方法において、光回路を温度 2 0 0 ° C 以上 5 0 0 ° C 以下に保持し、光回路の光導波路の一部あるいは全部に、可視あるいは紫外領域の光を照射して、温度安定性に優れた屈折率変化を誘起させることを主要な特徴とする。

【 0 0 2 1 】また、TM 偏波方向の屈折率 (Δn_{TM}) と、TE 偏波方向の屈折率 (Δn_{TE}) との差を利用し、光導波路の複屈折を調整することを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

30 【 0 0 2 3 】【実施の形態 1】本発明の第 1 の実施の形態として、石英系光導波路に光誘起グレーティングを作製する方法を示す。

【 0 0 2 4 】光誘起グレーティングの作製にあたっては、初めに石英系光導波路を作製し、続いてその光導波路に光照射を行った。

【 0 0 2 5 】図 1 は、本発明の一実施の形態における、石英系光導波路の作製方法の一例を説明するための図である。

40 【 0 0 2 6 】本実施の形態では、始めに、図 1 (a) に示すように、シリコン (Si) 基板 1 0 1 上に火炎堆積 (flame hydrolisis deposition; FHD) 法により石英系ガラス膜からなる下部クラッド層 1 0 2 を形成し、続いて、Ge 添加石英系ガラス膜からなるコアガラス層 1 0 3 を形成する。次に、図 1 (b) に示すように、フォトリソグラフと反応性イオンエッチング (R I E) の技術を用いて、コアガラス層 1 0 3 を所望のパターンに加工し、コア層 1 0 4 を形成する。その後、第 1 図 (c) に示すように、再び FHD 法により、石英系ガラス膜からなる上部クラッド層 1 0 5 を堆積し、埋め込み型の矩形光導波路を作製した。この場合に、コアガラス層 1 0 3

には、約7モル%のGeO₂が添加され、クラッド層（上部クラッド層105および下部クラッド層102）よりも屈折率が高くされている。

【0027】図2は、本発明の一実施の形態である、石英系光導波路に光誘起グレーティング作製する方法を説明するための図である。

【0028】図1に示す方法により製造された、シリコン（Si）基板上の石英系光導波路を有する光回路201を、ヒーター203上に設置する。更に、光導波路上面に光誘起グレーティング作製のためのフェイズマスク202を配置し、フェイズマスク202を通して、光導波路上に紫外レーザー光が照射される様にアライメントを行う。

【0029】その後、熱伝対温度計205で光導波路基板温度を検出し、それにより、制御コンピュータ206でヒーター電源204を制御して光導波路基板温度を400℃に保って、光照射を行う。この場合に、シングルモード（SM）光ファイバ207とシングルモード（SM）偏波保持光ファイバ208とを光導波路端面に結合し、白色光源210からの光を偏光子（ポラライザー）209、偏波保持光ファイバ208を介して、光導波路に入射させ、光導波路からの出射される光をSM光ファイバ207を介してスペクトラムアナライザー211に入射させ、光導波路の透過スペクトルをモニターしながら光誘起グレーティングを作製した。

【0030】紫外レーザー光は、フェイズマスク202

$$R = \tanh^2(\pi L \eta \Delta n_{\text{eff}} / \lambda_s) \dots\dots\dots (1)$$

この反射率（R）の熱処理に対する安定性は、誘起された屈折率変化の安定性を反映したものとなる。図3から明らかなように、光導波路基板温度400℃で作製した光誘起グレーティングは、室温で作製した光誘起グレーティングに比べ、熱的に安定であった。

【0036】このように、本実施の形態では、光導波路を400℃に保った状態で光照射を行うので、誘起される屈折率変化が同時に緩和されることになり、その結果、熱的に安定な屈折率変化を得ることができる。

【0037】なお、光導波路基板温度は、必ずしも400℃である必要はなく、200℃以上であれば、室温にて光照射を行った場合に生じる屈折率変化よりも、十分、温度安定性に優れている。この場合、同じに進行する緩和過程により、高温にすればするほど所望の屈折率変化を得るための光照射時間は長くなるので、光導波路温度を500℃以下に設定することにより、所望の屈折率変化量を実用上十分に短い時間内で得ることが可能である。

【0038】以上説明したように、本実施の形態によれば、前記した光導波路近傍に非晶質シリコン（a-Si）フィルムをパターン化する方法や溝を作製する方法に比べ、作成工程を煩雑にすることなく、簡易に光誘起グレーティングを作成することが可能である。また、

により回折、干渉されるため、光導波路上には干渉縞に対応した周期的な光の強度分布が生じる。この周期的光強度分布は、その光強度に応じた屈折率変化を誘起し、光導波路内に周期的屈折率分布、即ち、光誘起グレーティングを生じさせる。

【0031】なお、本実施の形態では、紫外レーザーとして、ArFエキシマレーザー（波長193nm）を用い、パルス繰り返し20pps、1パルス当りのエネルギー500mJ/pulse、照射時間は15分間であった。また、作製された光誘起グレーティングの長さ（L）は7mm、反射ブラッグ波長（λ_B）1.55μmであった。

【0032】図3は、本実施の形態により作成された光誘起グレーティングを温度400℃に設定した電気炉内にいれ、熱処理を行った時の反射率（R）の変化を示すグラフである。

【0033】なお、図3では、参考のために、室温（27℃）で作製した光誘起グレーティングに、熱処理を行った時の反射率（R）の変化も合わせて図示している。

【0034】反射率（R）は、屈折率変調の深さ（Δn_{eff}）、グレーティング長（L）、反射ブラッグ波長（λ_B）、コア部分と光電場の重なりを規定するオーバーラップ係数ηを用いると、下記（1）式のように表される。

【0035】

【数1】

「事前熱処理」を行う場合に比べても、作製工程が少なく、簡易に光誘起グレーティングを作成することが可能である。

【0039】〔実施の形態2〕本実施の形態では、アレー光導波路格子（AWG）の透過スペクトル特性を微調整する方法を示す。

【0040】図4は、本発明の他の実施の形態の光回路であるアレー光導波路格子光波長合分波器を示す平面図である。

【0041】同図において、301は入出力光導波路、302はスラブ光導波路、303はアレー光導波路、304はリファレンス光導波路である。なお、図3においては、便宜上、入出力光導波路301をそれぞれ、図面上からCH1、CH2、CH3、…、CHnと表現する。本実施の形態のアレー光導波路格子光波長合分波器では、n=8、チャンネル間隔（ある任意の入力光導波路CH（k）（k=1, 2, …, n）より光を導入したとき、出力光導波路CH（j）とCH（j+1）（j=1, 2, …, n-1）の透過波長域の中心波長（λ_{cj}）と（λ_{cj+1}）の差）が、約0.8nmであるアレー光導波路格子（AWG）を用いた。

【0042】図4に示す光回路は、図1に示す方法と同様の方法により作製した。作製後、ダイシングソーによ

り光導波路端面が露出するように切り出し、光回路の透過スペクトルの測定をTE偏波、TM偏波それぞれに関

して行い、その透過域の中心波長 (λ_{ctr})、
(λ_{ctr})、及びその差 ($\Delta \lambda_c$) の初期特性評価を行った。この透過域の中心波長の差 ($\Delta \lambda_c$) は、本実施の形態の光回路を構成する光導波路の複屈折 (B) とほぼ比例関係を持つ。

【0043】図5は、本実施の形態の光回路において、入力光導波路CH4から光を入射したときに出力光導波路CH5から射出される出力光の初期透過スペクトルの測定結果の一例を示すグラフである。

【0044】図5からわかるように、光導波路が複屈折を有するため、透過波長域は、TM偏波方向で測定したものが、TE偏波方向で測定したものに比べ長波長側にシフトしており、この差異は偏波依存性損失 (PDL) の要因の一つとなる。

【0045】図6は、本実施の形態における、アレー光導波路格子 (AWG) の透過スペクトル特性を微調整する方法を説明するための図である。

【0046】初期透過スペクトル特性評価後、光回路401を、図6に示すように、ヒーター203上に設置する。アレー光導波路303部分全体が露出し、その他の部分には光があたらないように金属板からなる遮蔽マスク402にて覆いをした。続いて、アレー光導波路303部分に均一に光が照射されるように、アライメント (光軸合わせ) を行う。

【0047】その後、前記図2に示す方法と同様、ヒーター203を用いて、光回路を290℃に保った状態で、光導波路の初期複屈折 (或いは、透過域の中心波長の差 ($\Delta \lambda_c$)) から算出される、透過域の中心波長の差 ($\Delta \lambda_c$) が零となるように特性を補償するための設定時間、紫外光照射を行った。本実施の形態では、その設定時間は60分間であった。また光源として、ArFエキシマレーザー (波長 $\lambda = 193 \text{ nm}$) を用い、その光強度は、 $250 \text{ mJ/cm}^2/\text{pulse}$ 、パルス繰り返し50ppsであった。

【0048】図7は、光照射を行ったときの、複屈折 (B) 変化の照射時間依存性を示すグラフである。

【0049】なお、透過域の中心波長の差 ($\Delta \lambda_c$) が0となるまで、光回路401の光学特性を、スペクトラムアナライザー211でモニターしながら、調整を行うことも可能である。

【0050】図8は、本実施の形態の光回路において、入力光導波路CH4から光を入射したときに出力光導波路CH5から射出される出力光の光照射後透過スペクトルの測定結果の一例を示すグラフである。

【0051】図8からわかるように、光照射を行った結果、TE偏波、TM偏波それぞれの透過波長域中心が一致していることが示されている。また、光照射前後において、損失増加はほとんど見られない。

【0052】本実施の形態の光回路401の透過スペクトル特性の熱的安定性を検証するため、光照射後の光回路401を、炉内温度300℃に設定した電気炉内に入れて熱処理を行い、透過光スペクトルの変化を調べた。

【0053】図9は、本実施の形態における、TE偏波、TM偏波での透過波長域中心の差 ($\Delta \lambda_c$) から求めた、光導波路の複屈折 (B) の熱処理時間依存性を示すグラフである。

【0054】なお、図9では、参考のために、室温 (27℃) に保ちながら、図6に示す方法で同様に光照射を行った光回路の光導波路の複屈折 (B) の熱処理時間依存性も合わせて図示している。

【0055】室温で光照射を行った光回路は、複屈折 (B) が、熱処理により緩和し、初期値に近づいているのに対し、本実施の形態の光回路 (290℃で光照射を行った光回路) の複屈折 (B) には、殆ど緩和が見られず、300℃の熱処理に対し安定な特性を示している。この結果は、熱的安定性が向上していることを示している。

【0056】[実施の形態3] 本発明の他の実施の形態では、光回路として前記実施の形態2に示したものと同様なアレー光導波路格子光波長合成分波器を用いた。

【0057】本実施の形態の光回路は、前記実施の形態2に示したものと同様、以下のようにして制作される。

【0058】上部クラッド層形成後、ダイシングソーにより光導波路端面が露出するように切り出し、光回路の透過スペクトルの測定をTE偏波、TM偏波それぞれに関して行い、その透過域の中心波長 (λ_{ctr})、
(λ_{ctr})、及びその差 ($\Delta \lambda_c$) の初期特性評価を行った。

【0059】図10は、本実施の形態における、アレー光導波路格子 (AWG) の透過スペクトル特性を微調整する方法を説明するための図である。

【0060】初期特性評価後、第10図に示すように、光回路502へのエキシマランプ紫外光の照射が可能な恒温槽 (電気炉) 501に入れ、恒温槽501内の雰囲気気をHeに置換し、炉内温度を250℃にした。炉内温度を250℃に保つようにした状態で、また、アレー光導波路部分全体が露出し、その他の部分には光があたらないように遮蔽マスク402で覆い、エキシマランプ光の照射を行った。本実施の形態において使用したエキシマランプは、波長172nm、照射エネルギー密度100mW/cm²であった。また、本実施の形態において、光照射時間は24時間であった。

【0061】紫外光照射後、この光回路502の熱的安定性を検証するために、250℃に炉内温度を設定した恒温槽 (電気炉) に光回路502をいれて熱処理を行い、透過スペクトルの変化を評価した。

【0062】図11は、本実施の形態における、TE偏波、TM偏波での透過波長域中心の差 ($\Delta \lambda_c$) から求

めた、光導波路の複屈折 (B) の熱処理時間依存性を示すグラフである。

【0063】なお、図11では、参考のために、室温 (27℃) に保ちながら、図10に示す方法と同様に光照射を行った光回路の光導波路の複屈折 (B) の熱処理時間依存性も合わせて図示している。

【0064】室温で光照射を行った光回路は、複屈折 (B) が熱処理により緩和し、初期値に近づいているのに対し、本実施の形態の光回路 (250℃で光照射を行った光回路) の複屈折 (B) には、殆ど緩和が見られず、250℃の熱処理に対し安定な特性を示している。この結果は、熱的安定性が向上していることを示している。

【0065】なお、光照射用光源としては、前記各実施の形態で示した ArF エキシマレーザー光、エキシマランプの他、KrF エキシマレーザー光 (波長 248 nm)、Nd³⁺:YAG レーザー (1064 nm) 及びその第2次高調波 (波長 532 nm)、第3次高調波 (波長 355 nm)、第4次高調波 (波長 266 nm)、などの高調波、Ar イオンレーザー光 (主として波長 488 nm 及び 515 nm)、各種色素レーザー光、Ti:サファイアレーザー光、アレキサンドライトレーザー光、及びそれらの高調波光など、高強度出力が可能なレーザー光や、可視及び紫外光を発するランプなどの光源を用いることにより、同様の効果を得ることができる。

【0066】また、遮蔽マスクの形状により、楔形や三角形に光が照射されるようにすることにより、より効率的な光回路の光学特性調整が可能となる。

【0067】以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0068】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0069】(1) 本発明によれば、紫外或いは可視光を石英系光導波路に照射することにより生じる、光誘起屈折率変化の温度安定性を向上させることが可能となる。

【0070】(2) 本発明によれば、光導波路の屈折率が簡易に調整・制御され、且つ十分な温度安定性を有する光回路、並びにその製造方法を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態における、石英系光導波路の作製方法の一例を説明するための図である。

【図2】本発明の一実施の形態である、石英系光導波路に光誘起グレーティング作製する方法を説明するための図である。

【図3】本実施の形態1により作成された光誘起グレーティングを温度400℃に設定した電気炉内にいれ、熱処理を行った時の反射率 (R) の変化を示すグラフである。

【図4】本発明の他の実施の形態の光回路であるアレー光導波路格子光波長合分波器を示す平面図である。

10 【図5】本実施の形態2の光回路において、入力光導波路 CH4 から光を入射したときに出力光導波路 CH5 から射出される出力光の初期透過スペクトルの測定結果の一例を示すグラフである。

【図6】本実施の形態2における、アレー光導波路格子 (AWG) の透過スペクトル特性を微調整する方法を説明するための図である。

【図7】光照射を行ったときの、複屈折 (B) 変化の照射時間依存性を示すグラフである。

20 【図8】本実施の形態2の光回路において、入力光導波路 CH4 から光を入射したときに出力光導波路 CH5 から射出される出力光の光照射後透過スペクトルの測定結果の一例を示すグラフである。

【図9】本実施の形態の光回路における、TE 偏波、TM 偏波での透過波長域中心の差 ($\Delta \lambda_c$) から求めた、光導波路の複屈折 (B) の熱処理時間依存性を示すグラフである。

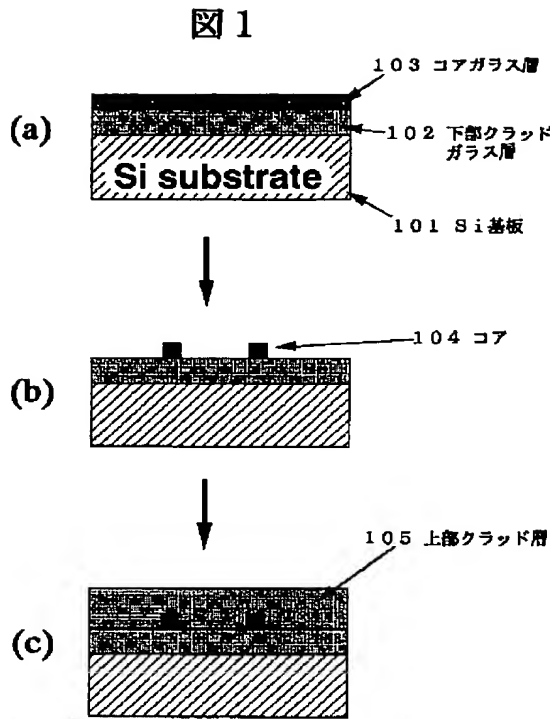
【図10】本実施の形態3における、アレー光導波路格子 (AWG) の透過スペクトル特性を微調整する方法を説明するための図である。

30 【図11】本実施の形態3における、TE 偏波、TM 偏波での透過波長域中心の差 ($\Delta \lambda_c$) から求めた、光導波路の複屈折 (B) の熱処理時間依存性を示すグラフである。

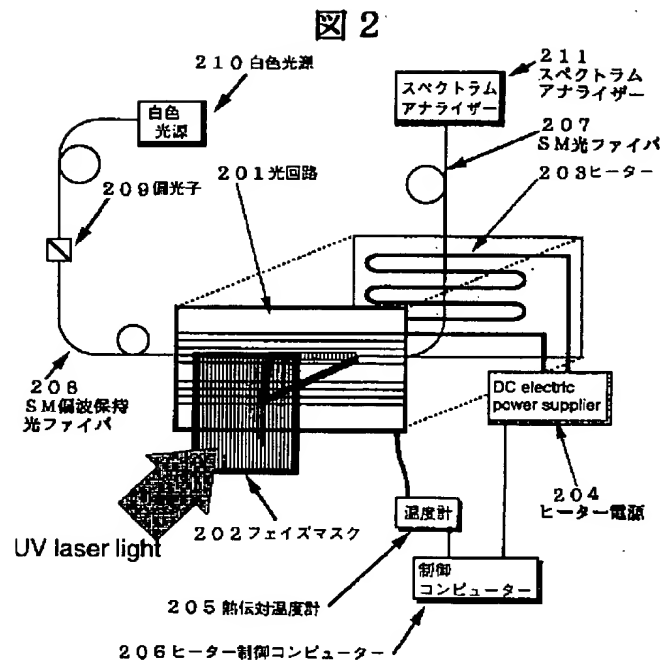
【符号の説明】

101…シリコン (Si) 基板、102…下部クラッドガラス層、103…コアガラス層、104…コア、105…上部クラッド層、201、401、502…光回路、202…フェイズマスク、203…ヒーター、204…ヒーター用電源、205…熱伝対温度計、206…ヒーター制御コンピューター、207…シングルモード光ファイバ、208…シングルモード偏波保持光ファイバ、209…偏光子 (ポーラライザー)、210…白色光源、211…スペクトラムアナライザー、301…入力/出力光導波路、302…スラブ光導波路、303…アレー光導波路、304…リファレンス光導波路、402、504…遮蔽マスク、501…恒温槽 (電気炉)、503…エキシマランプ。

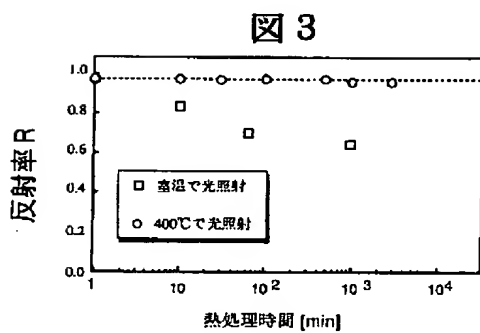
【図 1】



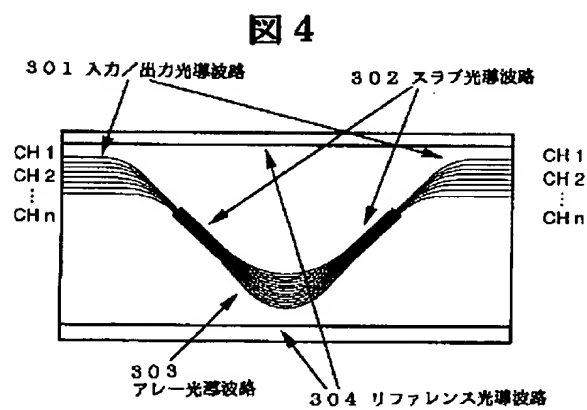
【図 2】



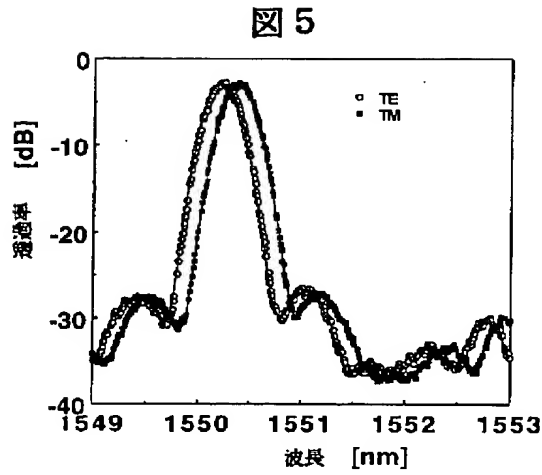
【図 3】



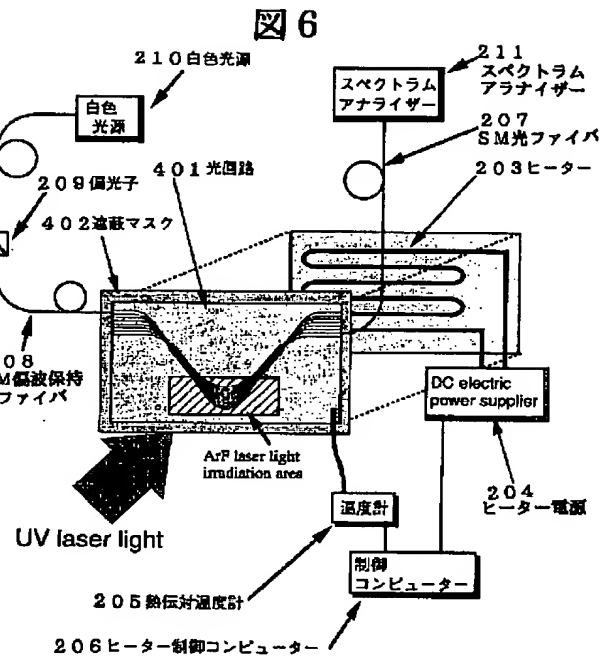
【図 4】



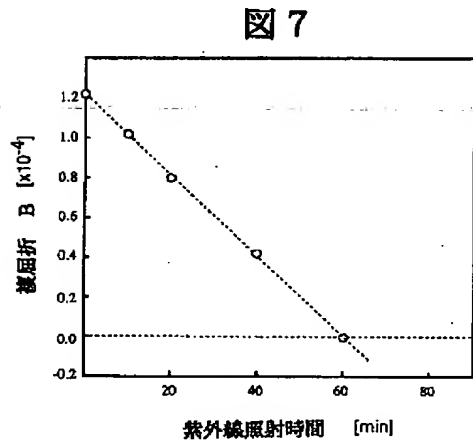
【図5】



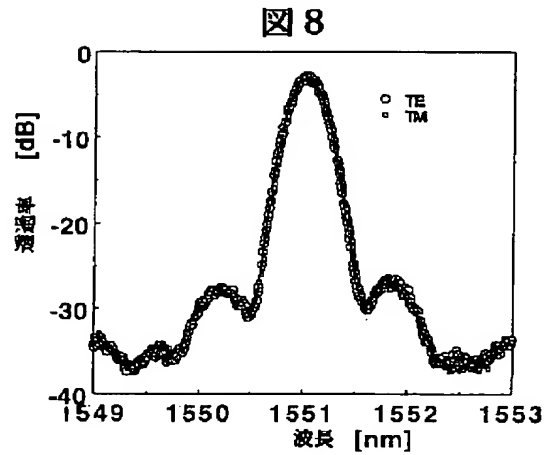
【図6】



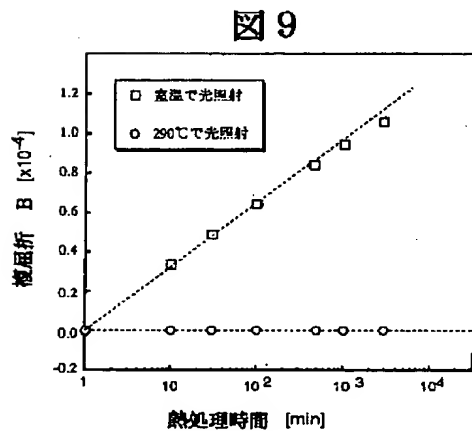
【図7】



【図8】

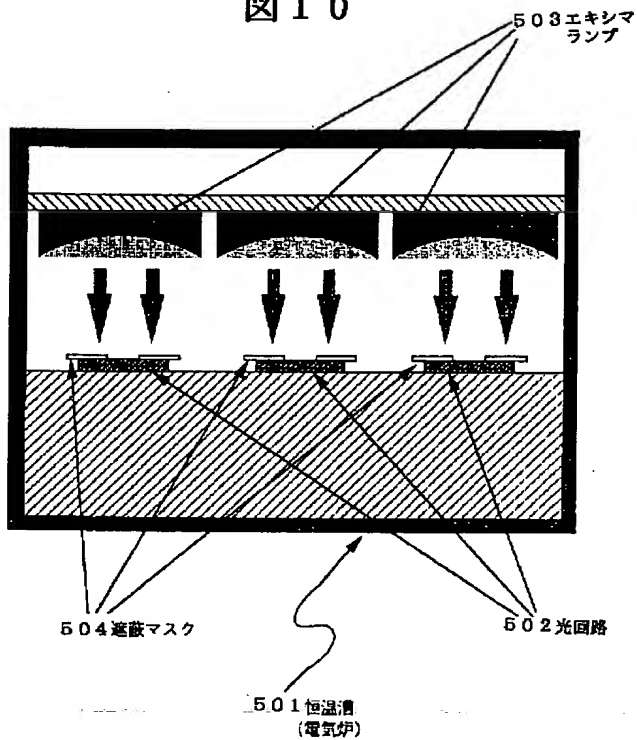


【図9】



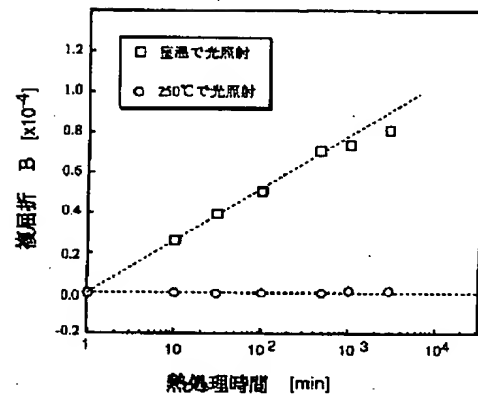
【図10】

図10



【図11】

図11



フロントページの続き

- (72)発明者 北川 毅
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内
- (72)発明者 姫野 明
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内
- (72)発明者 高橋 浩
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内
- (72)発明者 田中 拓也
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内